

## KHÁM PHÁ TÁC ĐỘNG CỦA TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO VÀ THUẾ MÔI TRƯỜNG ĐẾN BỀN VỮNG MÔI TRƯỜNG TẠI CÁC QUỐC GIA ĐÔNG ÂU THUỘC KHỐI EU

Nguyễn Hoàng Vũ<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hải<sup>2\*</sup>, Trần Văn Chuyền<sup>3</sup><sup>1</sup>Trung tâm Ngoại ngữ - Tin học, Trường Đại học Lạc Hồng, Huỳnh Văn Nghệ, Thành phố Đồng Nai<sup>2</sup>Khoa Tài chính – Kế toán, Trường Đại học Lạc Hồng, Huỳnh Văn Nghệ, Thành phố Đồng Nai<sup>3</sup>Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh

\*Tác giả liên hệ: nvhai@lhu.edu.vn

## THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận: 20/04/2026

Ngày hoàn thiện: 24/06/2026

Ngày chấp nhận: 26/06/2026

Ngày đăng: 21/07/2026

## TỪ KHÓA

Năng lượng tái tạo;  
Thuế môi trường;  
Bền vững môi trường;  
Hồi quy Bayesian;  
Đông Âu.

## TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu và ô nhiễm môi trường đang trở thành thách thức toàn cầu, đòi hỏi các quốc gia phải tìm kiếm các giải pháp hiệu quả nhằm giảm phát thải carbon. Nghiên cứu này phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng tái tạo (RENC) và thuế môi trường (ETAX) đến phát thải carbon dựa trên tiêu dùng (CCO2) tại các quốc gia Đông Âu thuộc Liên minh châu Âu, sử dụng phương pháp hồi quy Bayesian. Kết quả cho thấy cả RENC và ETAX đều góp phần làm giảm phát thải CCO2, trong đó thuế môi trường điều chỉnh hành vi kinh tế, còn năng lượng tái tạo đóng vai trò thay thế năng lượng hóa thạch trong dài hạn. Nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc kết hợp chính sách thuế môi trường và phát triển năng lượng sạch nhằm thúc đẩy bền vững môi trường.

## EXPLORING THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL TAXES ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN CENTRAL AND EASTERN EUROPEAN EU ECONOMIES

Nguyen Hoang Vu<sup>1</sup>, Nguyen Van Hai<sup>2\*</sup>, Tran Van Chuyen<sup>3</sup><sup>1</sup>Lac Hong foreign languages and informatics center Lac Hong University, Huynh Van Nghe, Dong Nai City.<sup>2</sup>Faculty of Finance and Accounting, Lac Hong University, Huynh Van Nghe, Dong Nai City.<sup>3</sup>Nguyen Tat Thanh University, Nguyen Tat Thanh, Ho Chi Minh City

\*Corresponding Author: nvhai@lhu.edu.vn

## ARTICLE INFO

Received: Apr 20<sup>th</sup>, 2026Revised: Jun 24<sup>th</sup>, 2026Accepted: Jun 26<sup>th</sup>, 2026Published: Jul 21<sup>st</sup>, 2026

## KEYWORDS

Renewable energy;  
Environmental taxes;  
Environmental Sustainability;  
Bayesian regression;  
Eastern Europe.

## ABSTRACT

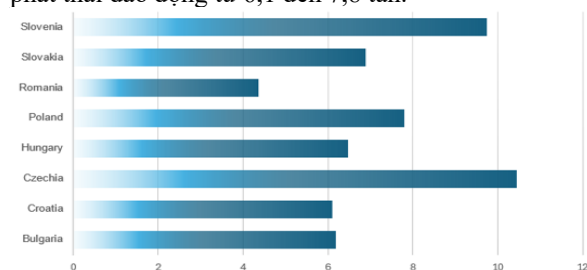
Climate change and environmental pollution have become critical global challenges, requiring effective solutions to reduce carbon emissions. This study examines the impact of renewable energy consumption (RENC) and environmental taxes (ETAX) on consumption-based carbon emissions (CCO2) in Eastern European countries within the European Union, using a Bayesian regression approach. The results indicate that both RENC and ETAX contribute to reducing CCO2 emissions, where environmental taxes influence economic behavior while renewable energy serves as a long-term substitute for fossil fuels. The findings highlight the importance of combining environmental tax policies with renewable energy development to promote environmental sustainability.

Doi: <https://doi.org/10.61591/jslhu.28.1169>Available online at: <https://lhj.vn>

## 1. Giới Thiệu

Bền vững môi trường không chỉ là định hướng mà còn là trách nhiệm của mỗi quốc gia trong việc thúc đẩy kinh tế, công bằng xã hội và giải quyết các vấn đề suy thoái. Đồng thời, công dân toàn cầu cần áp dụng lối sống xanh nhằm hướng đến sự bền vững của môi trường. Trong gần thập kỷ vừa qua, vấn đề chung hoà kinh tế môi trường đã trở thành điểm nóng cần được khai thác và nghiên cứu, tuy nhiên theo thay đổi bối cảnh toàn cầu vẫn tồn đọng nhiều yếu tố ảnh hưởng đến tính bền vững môi trường (Kirikkaleli & Adebayo, 2021; Zhang & cộng sự, 2024). Để hạn chế vấn đề này, 17 mục tiêu phát triển bền vững toàn diện được đề xuất trong chương trình nghị sự năm 2030 nhằm hỗ trợ các nước trên thế giới tăng trưởng bền vững (Taghizadeh-Hesary & cộng sự, 2021; Luo & cộng sự, 2021; Udemba & Tosun, 2022). Bên cạnh đó, trong hội nghị COP27 cùng với Thỏa thuận Khí hậu của Liên Hợp Quốc năm 2022 nhấn mạnh việc thực hiện Thỏa thuận Paris nhằm kìm hãm sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu xuống ngưỡng lý tưởng là 1,5 độ C. Ngược lại, nếu không có những biện pháp kiểm chế, ước tính mỗi năm nhiệt độ toàn cầu sẽ tăng 0,04 độ C (Wolde-Rufael & Mulat-Weldemeskel, 2022). Liên Hợp Quốc cũng nhấn mạnh rằng, thế giới sẽ phải trải qua những biến động tàn khốc nhất từ trước đến nay của biến đổi khí hậu nếu như các quốc gia không có các chiến lược giảm phát thải nhà kính (Ali & cộng sự, 2023).

Thực tế cho thấy, các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng các nguyên nhân có thể gây ra hiện tượng phát thải nhà kính, đặc biệt đối với lượng phát thải CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ, chẳng hạn như tiêu thụ năng lượng đóng vai trò tiêu cực đối với môi trường và nền kinh tế vĩ mô (Khan & cộng sự, 2020; Jianguo & cộng sự, 2022). Tuy nhiên, có một sự đồng thuận rằng, có sự khác biệt về ảnh hưởng của RENC đối với phát thải CO<sub>2</sub> dựa trên tiêu thụ trong các khu vực là khác nhau (Kirikkaleli & Adebayo, 2021). Trong đó, khu vực Đông Âu thuộc khối EU hay còn gọi là “CEE” vẫn còn chưa được khai thác đầy đủ về mối quan hệ này, đặc biệt khi các nước thuộc nhóm tiềm năng về năng lượng tái tạo vẫn chưa được khai thác rất lớn. Bên cạnh đó, mặc dù đã có những chính sách xanh, song các nước CEE vẫn phụ thuộc nhiều trong tiêu thụ năng lượng truyền thống. Hình 1 so sánh lượng khí CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ của các nước CEE, thực tế cho thấy lượng phát thải của các quốc gia không đồng đều, trong đó Czechia có lượng phát thải khá lớn lên đến 10,44 tấn trong năm 2022, tuy nhiên cần lưu ý khi so sánh với chính mình, Czechia đã có xu hướng giảm so với năm 2008 là 12,32 tấn. Sloveria đứng thứ hai về phát thải và Romania có lượng phát thải CO<sub>2</sub> dựa trên tiêu thụ là thấp nhất trong các nước CEE, các quốc gia còn lại với lượng phát thải dao động từ 6,1 đến 7,8 tấn.

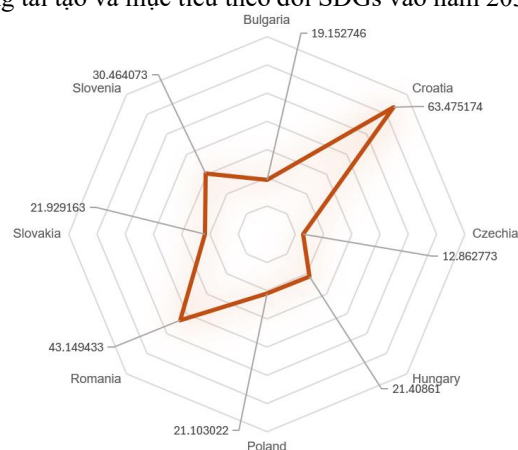


Hình 1. Phát thải CCO<sub>2</sub> trên đầu người năm 2022

(Nguồn: Sáng tạo bởi nhóm tác giả)

Qua đó cho thấy, các quốc gia này cần có các chính sách phù hợp nhằm kìm hãm sự gia tăng của CCO<sub>2</sub>.

Minh chứng cho các chính sách này là việc gia tăng sử dụng năng lượng tái tạo hơn là các năng lượng không tái tạo. Theo đó, Romania có tỷ lệ phần trăm sử dụng năng lượng tái tạo tăng dần đều và đạt 43,14% năm 2022 nên lượng phát thải CO<sub>2</sub> thấp. Hay đối với Czechia còn phụ thuộc nhiều và năng lượng khí đốt, trong khi việc tiêu thụ năng lượng tái tạo khá thấp chỉ dao động dưới 15% nên lượng phát thải CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ chiếm tỷ trọng rất cao (Hình 1 và Hình 2). Điều này phù hợp với mục tiêu SDG 13 với việc giảm thiểu biến đổi khí hậu để thúc đẩy một môi trường lành mạnh hơn nhờ những ưu thế của nguồn năng lượng tái tạo và mục tiêu theo dõi SDGs vào năm 2030.



Hình 2. Tỷ lệ tiêu thụ năng lượng tái tạo năm 2022

(Nguồn: Sáng tạo bởi nhóm tác giả)

Một vấn đề trong hành trình giảm phát thải nhà kính và CO<sub>2</sub> cần được chú ý đó là thuế môi trường (ETAX). Trong các nghiên cứu gần đây tại khu vực CEE về các yếu tố quyết định phát thải CO<sub>2</sub> vẫn chưa đề cập đến ETAX. Do đó việc đưa thuế môi trường vào có thể giải thích những thay đổi đáng kể bị bỏ sót trước đó. Nghiên cứu đã chỉ ra vai trò của thuế môi trường như một chính sách hiệu quả nhằm hỗ trợ bền vững môi trường (Ullah & cộng sự, 2023).



Hình 3. Tỷ lệ thuế môi trường trên %GDP năm 2022

(Nguồn: Sáng tạo bởi nhóm tác giả)

Thuế môi trường đang dần hướng đến là trụ cột quan trọng nhất đối với giảm lượng CCO<sub>2</sub>, việc đánh thuế đối với phát thải CO<sub>2</sub> tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình trung hoà Carbon, hướng đến nền kinh tế không Carbon, đặc biệt trong bối cảnh thế giới đang chịu ảnh hưởng nghiêm trọng bởi nền “kinh tế nâu” (Ghazouani & cộng sự, 2020, Xin & Xie, 2023). Theo đó, Hình 3 phản ánh lượng thuế môi trường theo tỷ lệ GDP của các quốc gia CEE, trong đó

Croatia với lương thuế lớn nhất là 3,25% theo đó là Slovenia (3,17%) và Poland (2,63%). Nghiên cứu này nhận thấy rằng ETAX là nhân tố quan trọng nhất trong công cuộc giảm phát thải CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ, chính phủ cần cải thiện các chính sách nhằm bền vững các mục tiêu SDG 7 và SDG 13 bằng việc khuyến khích giảm việc sử dụng năng lượng không thể tái tạo (Fang & cộng sự, 2022).

Bài báo này phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng tái tạo (RENC) và thuế môi trường (ETAX) đến phát thải carbon dựa trên tiêu dùng (CCO<sub>2</sub>) tại 8 quốc gia Đông Âu thuộc khối EU trong giai đoạn 1994–2022. Khác với nhiều nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào các nhóm quốc gia rộng như G7, OECD, BRICS hoặc châu Âu nói chung (Doğan & cộng sự, 2022; Samour & cộng sự, 2024; Ulucak & cộng sự, 2024; Almulhim & cộng sự, 2025), nghiên cứu này tập trung riêng vào nhóm quốc gia Đông Âu thuộc EU, nơi vẫn còn đặc trưng của các nền kinh tế chuyển đổi, mức độ phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch tương đối cao và chính sách môi trường chưa đồng đều. Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng chỉ tiêu CCO<sub>2</sub> nhằm phản ánh trách nhiệm phát thải gắn với tiêu dùng thay vì chỉ xem xét phát thải từ sản xuất trong nước. Về phương pháp, nghiên cứu áp dụng hồi quy Bayesian nhằm phù hợp hơn với bối cảnh dữ liệu bảng có quy mô mẫu hạn chế và cho phép đánh giá tác động của các biến dưới góc độ xác suất hậu nghiệm (Gelman, 2004; McElreath, 2020). Từ đó, nghiên cứu bổ sung bằng chứng thực nghiệm về vai trò của RENC và ETAX đối với bền vững môi trường tại khu vực Đông Âu EU, đồng thời cung cấp hàm ý chính sách cho việc phối hợp giữa chính sách thuế môi trường và chiến lược phát triển năng lượng tái tạo.

Các phần tiếp theo của nghiên cứu này được cấu trúc như sau: Phần 2 cung cấp tổng quan ngắn gọn về các tài liệu liên quan; Phần 3 trình bày thiết kế nghiên cứu được sử dụng trong nghiên cứu này; Phần 4 trình bày các kết quả nghiên cứu và nhận xét ý nghĩa của chúng; Phần 5 là kết luận và hàm ý chính sách của nghiên cứu.

## 2. Nội Dung

### 2.1 Tác động của ETAX đến CCO<sub>2</sub>

Cả tăng trưởng kinh tế lẫn cơ chế thị trường thuần túy đều chưa đủ khả năng xử lý triệt để các vấn đề phát sinh từ ngoại tác môi trường (Ali & cộng sự, 2023). Trước những bằng chứng ngày càng rõ ràng về tác động tiêu cực của hoạt động con người đối với môi trường, việc triển khai thuế môi trường (ETAX) được xem là một giải pháp chính sách hiệu quả nhằm kiểm soát và giảm thiểu phát thải (Ghazouani & cộng sự, 2020). Trong bối cảnh đó, thuế môi trường nổi lên như một trong những công cụ quan trọng, góp phần nội hóa các chi phí ngoại tác và hạn chế các tác động bất lợi đến môi trường (Fang & cộng sự, 2022). Trong các nghiên cứu gần đây cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của thuế môi trường, chẳng hạn như Athari và cộng sự (2025) nghiên cứu tác động bất đối xứng của thuế môi trường, tăng trưởng kinh tế và năng lượng tái tạo đến phát thải CO<sub>2</sub> tại Ý bằng mô hình NARDL. Kết quả cho thấy các biến có mối quan hệ đồng liên kết; thuế môi trường và năng lượng tái tạo giúp giảm phát thải, trong khi tăng trưởng kinh tế làm gia tăng CO<sub>2</sub>. Doğan và cộng sự (2022) nghiên cứu tác động của thuế môi trường đến phát thải CO<sub>2</sub> tại các nước G7 giai đoạn 1994–2014, đồng thời xem xét vai trò của tiêu thụ năng lượng, tăng trưởng kinh tế và tài nguyên thiên nhiên, cũng như kiểm định giả thuyết EKC. Kết quả cho thấy thuế

môi trường giúp giảm phát thải CO<sub>2</sub> và có vai trò điều tiết đáng kể đối với tiêu thụ năng lượng (cả tái tạo và không tái tạo) và tài nguyên, qua đó thúc đẩy chuyển đổi sang sản xuất sạch hơn. Samour và cộng sự (2024) nghiên cứu tác động của thuế môi trường và việc áp dụng IFRS đến phát thải carbon dựa trên tiêu dùng tại các quốc gia châu Âu giai đoạn 1994–2018, sử dụng phương pháp hồi quy phân vị MMQR. Kết quả cho thấy thuế môi trường và IFRS đều giúp giảm phát thải CCO<sub>2</sub>, trong khi tăng trưởng kinh tế làm gia tăng phát thải. Mehboob và cộng sự (2024) nghiên cứu tác động của năng lượng hạt nhân, thuế môi trường và toàn cầu hóa thương mại đến phát thải carbon dựa trên tiêu dùng tại 5 quốc gia phát thải lớn nhất giai đoạn 1990–2020, sử dụng các phương pháp như CS-ARDL, CCEMG và AMG. Kết quả cho thấy năng lượng hạt nhân, thuế môi trường và toàn cầu hóa giúp giảm phát thải CCO<sub>2</sub>, trong khi tăng trưởng kinh tế và mật độ dân số làm gia tăng phát thải.

Từ việc lập luận trên bài báo đề xuất giả thuyết như sau: Giả thuyết H1: ETAX làm giảm phát thải CO<sub>2</sub> dựa trên tiêu dùng

### 2.2 Tác động của RENC đến CCO<sub>2</sub>

Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã dần làm sáng tỏ mối quan hệ giữa tiêu thụ năng lượng tái tạo đến khả năng làm giảm lượng phát thải CO<sub>2</sub>. RENC, đề cập đến các nguồn năng lượng có đặc điểm bổ sung bền vững và khả năng sử dụng lặp lại (Kirikkaleli & Adebayo, 2021), bao gồm nhiều nguồn thân thiện với môi trường như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng địa nhiệt, sinh khối và thủy điện. Trong nghiên cứu của Baloch & Danish (2022) hay Ozkan & cộng sự (2025) nhấn mạnh vai trò của RENC giúp giảm lượng phát thải CO<sub>2</sub> từ tiêu thụ trong khí quyển, điều này minh chứng có sự công nhận rộng rãi là có tác động đáng kể đến chất lượng môi trường. Bằng cách giảm ô nhiễm và khí thải trong khí quyển, RENC đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu các tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu (Mukhtarov & cộng sự, 2022; Emenekwe & cộng sự, 2025). Các bằng chứng thực nghiệm về mối quan hệ này, chẳng hạn như trong nghiên cứu mới đây của Ulucak & cộng sự (2024) nghiên cứu vai trò của bất bình đẳng thu nhập, sự phức tạp kinh tế và năng lượng tái tạo đối với môi trường tại các quốc gia BRICS trong giai đoạn từ 1990–2017. Kết quả cho thấy, bất bình đẳng thu nhập làm trầm trọng lượng phát thải CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ, ngược lại, GDP bình quân đầu người, năng lượng tái tạo và độ phức tạp kinh tế làm giảm ô nhiễm. Đồng quan điểm đó, Almulhim & cộng sự (2025) nghiên cứu tác động của tiêu thụ năng lượng tái tạo và chất lượng thể chế đến lượng khí thải CO<sub>2</sub> trong tiêu thụ tại các nước BRICS (Brazil, Nga, Ấn Độ, Trung Quốc và Nam Phi) từ năm 1996–2020. Bằng việc áp dụng mô hình MMQR nghiên cứu chỉ ra rằng tăng trưởng kinh tế làm tăng suy thoái môi trường, trong khi chất lượng thể chế và tiêu thụ năng lượng tái tạo lại có tác động giảm CCO<sub>2</sub>. Zhang và cộng sự (2024) nghiên cứu vai trò của đổi mới môi trường, thương mại quốc tế và năng lượng tái tạo đối với phát thải carbon dựa trên tiêu dùng (CCO<sub>2</sub>) tại các quốc gia OECD giai đoạn 1990–2021, sử dụng các phương pháp kinh tế lượng tiên tiến. Kết quả cho thấy đổi mới môi trường, xuất khẩu và tiêu thụ năng lượng tái tạo giúp giảm phát thải, trong khi nhập khẩu và tăng trưởng kinh tế làm gia tăng CCO<sub>2</sub>. Jeon (2022) nghiên cứu mối quan hệ giữa phát thải CO<sub>2</sub>, năng lượng tái tạo và tăng

trường kinh tế tại 48 bang của Mỹ giai đoạn 1997–2017, sử dụng các phương pháp như Fixed Effects, PCSE, GMM và hồi quy phân vị. Kết quả cho thấy tồn tại mối quan hệ hình chữ U ngược (EKC) giữa tăng trưởng kinh tế và ô nhiễm môi trường; đồng thời, tiêu thụ năng lượng tái tạo và giá năng lượng giúp giảm phát thải CO<sub>2</sub>, trong khi nhu cầu sưởi ấm làm gia tăng phát thải.

Từ việc lập luận trên bài báo đề xuất giả thuyết như sau: Giả thuyết H2: RENC làm giảm phát thải CO<sub>2</sub> dựa trên tiêu dùng

2.3 Khoảng trống nghiên cứu

Mặc dù các nghiên cứu trước đây đã cung cấp nhiều bằng chứng thực nghiệm về tác động của RENC và ETAX đến phát thải carbon, vẫn tồn tại một số khoảng trống quan trọng cần được làm rõ.

Thứ nhất, phần lớn các nghiên cứu tập trung vào các nhóm quốc gia rộng như OECD, G20 hay BRICS, trong khi nhóm các quốc gia Đông Âu thuộc khối EU vẫn chưa được khai thác đầy đủ. Đây là khu vực có đặc điểm kinh tế chuyển đổi, mức độ phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch còn cao và chính sách môi trường đang trong quá trình hoàn thiện, do đó có thể tồn tại những khác biệt đáng kể so với các nền kinh tế phát triển.

Thứ hai, các nghiên cứu hiện tại chủ yếu sử dụng các kỹ thuật kinh tế lượng truyền thống như OLS, GMM, ARDL, FGLS hay hồi quy phân vị. Mặc dù các phương pháp này mang lại những kết quả hữu ích, chúng thường phụ thuộc vào các giả định nghiêm ngặt như phân phối chuẩn của sai số hoặc khó xử lý hiệu quả các vấn đề như phụ thuộc chéo, dị phương sai và phân phối không chuẩn của dữ liệu. Mặc dù những ưu điểm và hạn chế của phương pháp Bayesian đã được đề cập trong các nghiên cứu trước, điểm nổi bật của cách tiếp cận này là khả năng suy luận ít phụ thuộc vào kích thước mẫu. Đồng thời, phương pháp Bayesian còn giúp giảm mức độ nhạy cảm của mô hình trước các vấn đề kinh tế lượng như tự tương quan, phương sai thay đổi và nội sinh (Gelman, 2004; Dinh et al., 2024; Nguyen The và cộng sự, 2024). Phương pháp này cho phép tích hợp thông tin tiên nghiệm, linh hoạt trong xử lý phân phối không chuẩn và cung cấp ước lượng đáng tin cậy hơn thông qua phân phối hậu nghiệm. Do đó, việc áp dụng mô hình hồi quy Bayesian để phân tích tác động của RENC và ETAX đến bền vững môi trường tại các quốc gia Đông Âu EU không chỉ bổ sung khoảng trống về mặt khu vực nghiên cứu mà còn đóng góp đáng kể về phương pháp luận trong lĩnh vực kinh tế môi trường.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1 Biến và nguồn dữ liệu

Việc lựa chọn mẫu nghiên cứu được thực hiện dựa trên ba tiêu chí chính. Thứ nhất, các quốc gia được chọn phải thuộc nhóm Đông Âu/Trung và Đông Âu trong EU, bao gồm Bulgaria, Croatia, Czechia, Hungary, Poland, Romania, Slovakia và Slovenia. Đây là nhóm quốc gia có nhiều điểm tương đồng về quá trình chuyển đổi kinh tế, cơ cấu công nghiệp và mức độ phụ thuộc tương đối lớn vào năng lượng truyền thống. Thứ hai, các quốc gia này phải có dữ liệu tương đối đầy đủ và liên tục đối với các biến chính của nghiên cứu, bao gồm phát thải carbon dựa trên tiêu dùng, tiêu thụ năng lượng tái tạo và thuế môi trường trong giai đoạn 1994–2022 từ các cơ sở dữ liệu quốc tế như OWID, OECD và WDI. Thứ ba, mẫu nghiên cứu được giới

hạn ở các quốc gia Đông Âu thuộc EU nhằm đảm bảo tính đồng nhất tương đối về khuôn khổ thể chế và định hướng chính sách môi trường theo các mục tiêu chung của Liên minh châu Âu. Do đó, mặc dù số lượng quốc gia trong mẫu không lớn, nhóm 8 quốc gia này vẫn phản ánh tương đối đặc trưng của khu vực Đông Âu EU, đặc biệt về quá trình chuyển đổi năng lượng, áp lực phát thải và việc áp dụng các công cụ chính sách môi trường. Danh sách các biến và định nghĩa tương ứng của chúng có thể tìm thấy trong bảng 1.

Bảng 1. Biến và nguồn

| Mã hoá         | Tên biến                    | Đo lường                                       | Nguồn |
|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------|-------|
| Biến phụ thuộc |                             |                                                |       |
| CCO2           | Bền vững môi trường         | Lượng khí CO2 phát thải dựa trên mức           | OWID  |
| Biến độc lập   |                             |                                                |       |
| ETAX           | Thuế môi trường             | Thuế môi trường Tổng cộng, % GDP               | OECD  |
| RENC           | Tiêu thụ năng lượng         | Năng lượng tái tạo Tổng cộng. % nguồn          | OWID  |
| Biến kiểm soát |                             |                                                |       |
| IND            | Tỷ lệ công nghiệp           | Giá trị gia tăng của ngành công nghiệp (% GDP) | WDI   |
| FDI            | Đầu tư trực tiếp nước ngoài | Dòng vốn FDI ròng (% GDP)                      | WDI   |
| GNE            | Chỉ tiêu chính phủ          | Tổng chi tiêu quốc gia (% GDP)                 | WDI   |
| TRADE          | Độ mở thương mại            | Tổng kim ngạch xuất nhập khẩu (% GDP)          | WDI   |
| UR             | Tỷ lệ đô thị hoá            | Dân số đô thị (% tổng dân số)                  | WDI   |

(Nguồn: Tổng hợp của nhóm tác giả)

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình cơ sở được thiết lập như sau:

$$CCO2_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 ETAX_{i,t} + \beta_2 RENC_{i,t} + \beta x_{Xi,t} + \varepsilon_{i,t}$$
(1)

Trong đó, Xi,t bao hàm các biến kiểm soát, bao hàm: (IND) Tỷ lệ ngành công nghiệp, (GNE) Chỉ tiêu chính phủ, (FDI) Đầu tư trực tiếp nước ngoài, (TRADE) Độ mở thương mại và (UR) Tỷ lệ đô thị hoá. Các biến này có vai trò quan trọng trong việc giảm sai số và và cải thiện tính tin

cây của kết quả. Bên cạnh đó, vấn đề mẫu nhỏ tiềm ẩn nhiều rủi ro đối với các mô hình tần suất, chính vì thế chúng tôi tiếp cận theo phương pháp Bayesian. Trong quan điểm Bayesian, chúng tôi xây dựng hồi quy tuyến tính bằng cách sử dụng phân phối xác suất như sau:

$$P(\beta|y, X) = \frac{P(y|\beta, X)P(\beta|X)}{P(y|X)} \quad (2)$$

Trong đó:

$P(\beta|y, X)$ : Phân phối hậu nghiệm của các tham số mô hình đối với đầu vào và đầu ra.

$P(y|\beta, X)$ : Xác suất hợp lý của dữ liệu.

$P(\beta|X)$ : Phân phối xác suất tiên nghiệm.

$P(y|X)$ : Hằng số chuẩn hóa và có thể được bỏ qua.

Hồi quy Bayes được áp dụng để đánh giá tác động của RENC và ETAX đến CCO2 thông qua quy trình gồm ba bước chính. Thứ nhất, nhằm hạn chế sai lệch trong ước lượng và đảm bảo các tham số không bị thiên lệch theo bất kỳ hướng nào, các phân phối tiên nghiệm được thiết lập cho các hệ số hồi quy với kỳ vọng bằng 0, phù hợp với cách tiếp cận được đề xuất trong các nghiên cứu gần đây (Van và cộng sự, 2025). Thứ hai, dựa trên cấu trúc của mô hình và các tham số ước lượng, hàm hợp lý được xác định để phản ánh mối quan hệ giữa dữ liệu quan sát và các tham số cần ước lượng. Cuối cùng, phân phối hậu nghiệm của các hệ số được suy ra thông qua các phương pháp mô phỏng, cụ thể là kỹ thuật Markov Chain Monte Carlo (MCMC) kết hợp với thuật toán Gibbs Sampling. Quá trình này được thực hiện với 30.000 lần lặp, trong đó 5.000 quan sát đầu tiên được loại bỏ nhằm đảm bảo tính hội tụ của chuỗi. Các phương pháp MCMC được sử dụng rộng rãi trong việc ước lượng các mô hình phức tạp nhờ khả năng xử lý hiệu quả các vấn đề liên quan đến phân phối và tính không chắc chắn của tham số (Levy & Mislavy, 2017).

#### 4. Kết quả nghiên cứu

##### 4.1. Tổng quan thống kê mô tả

Thống kê mô tả của ba biến chính gồm CCO2, ETAX và REC được trình bày trong Bảng 2, cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các quốc gia trong mẫu nghiên cứu. Biến CCO2 có giá trị trung bình là 7.5237 với độ lệch chuẩn 2.2247, phản ánh mức độ phát thải carbon có sự phân tán tương đối giữa các quốc gia, dao động từ 3.5775 đến 12.3221. Đối với biến ETAX, giá trị trung bình đạt 2.7461 và độ lệch chuẩn 0.7390, cho thấy mức thuế môi trường giữa các quốc gia tương đối ổn định hơn so với các biến khác, với khoảng biến thiên từ 0.3273 đến 5.3175. Trong khi đó, biến RENC có giá trị trung bình là 21.2753 nhưng độ lệch chuẩn rất cao (17.9446), cho thấy sự chênh lệch lớn về mức tiêu thụ năng lượng tái tạo giữa các quốc gia, với giá trị nhỏ nhất chỉ 0.5913 và lớn nhất lên đến 74.0134. Điều này phản ánh rõ tính không đồng nhất (heterogeneity) trong quá trình chuyển đổi năng lượng giữa các nền kinh tế.

**Bảng 2. Tổng quan thống kê mô tả**

| Biến số | Trung bình | Độ lệch chuẩn | Tối thiểu | Tối đa  |
|---------|------------|---------------|-----------|---------|
| CCO2    | 7.5237     | 2.2247        | 3.5775    | 12.3221 |
| ETAX    | 2.7461     | 0.7390        | 0.3273    | 5.3175  |

|       |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| RENC  | 21.2753 | 17.9446 | 0.5913  | 74.0134 |
| IND   | 28.2315 | 4.3525  | 16.2131 | 42.7328 |
| FDI   | 5.1647  | 10.5622 | -40.108 | 105.635 |
| GNE   | 101.337 | 5.5607  | 87.3113 | 119.733 |
| TRADE | 109.485 | 36.9815 | 43.5552 | 204.056 |
| UR    | 61.0328 | 8.1372  | 49.7619 | 74.8537 |

(Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả)

Bảng 2 cung cấp kết quả các kiểm định quan trọng. Thứ nhất, kiểm định Pesaran's CD test cho thấy tất cả các biến, bao gồm CCO2 (13.903\*\*\*), ETAX (3.073\*\*\*), và RENC (22.182\*\*\*), đều có ý nghĩa thống kê ở mức 1%, hàm ý tồn tại hiện tượng phụ thuộc chéo giữa các quốc gia trong mẫu nghiên cứu. Điều này phản ánh sự liên kết kinh tế và các cú sốc chung giữa các nền kinh tế, đặc biệt trong bối cảnh hội nhập khu vực. Thứ hai, kiểm định Jarque-Bera test cho thấy cả ba biến đều không tuân theo phân phối chuẩn (p-value < 0.01), thể hiện qua giá trị Jarque-Bera cao như 17.15 đối với CCO2, 16.42 đối với ETAX và 28.58 đối với REC. Điều này cho thấy dữ liệu có thể bị lệch hoặc có đuôi dày. Do đó, việc sử dụng các mô hình truyền thống như OLS, FEM hay REM có thể dẫn đến kết quả kém tin cậy. Trước bối cảnh đó, phương pháp hồi quy Bayesian được xem là phù hợp hơn do không yêu cầu giả định nghiêm ngặt về phân phối chuẩn và cho phép xử lý hiệu quả tính không chắc chắn trong dữ liệu thông qua phân phối hậu nghiệm.

**Bảng 3. Kiểm định dữ liệu**

| Biến  | Kiểm định CD-Pesaran | Kiểm định Jarque-Bera |
|-------|----------------------|-----------------------|
| CCO2  | 13.903***            | 17.15***              |
| ETAX  | 3.073***             | 16.42***              |
| RENC  | 22.182***            | 28.58***              |
| IND   | 7.500***             | 10.32***              |
| FDI   | 9.572***             | 200.90***             |
| GNE   | 14.816***            | 15.79***              |
| TRADE | 24.556***            | 18.87***              |
| UR    | -3.910***            | 330.33***             |

(Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả)

4.2. Kết quả hồi quy Bayesian

Các kiểm định chẩn đoán đối với mô hình hồi quy Bayesian cho thấy chất lượng ước lượng đạt yêu cầu. Cụ thể, tỷ lệ chấp nhận trung bình đạt 1,0000 lớn hơn 0,5, cho thấy quá trình lấy mẫu diễn ra ổn định. Đồng thời, chỉ số hiệu quả (efficiency) của các chuỗi MCMC đều vượt ngưỡng tối thiểu 0,01, phản ánh rằng các mẫu được tạo ra có mức độ đa dạng đủ để đại diện tốt cho phân phối mục tiêu. Để đảm bảo tính hợp lệ của phân phối hậu nghiệm được xây dựng thông qua kỹ thuật Markov Chain Monte Carlo (MCMC), việc sử dụng các công cụ chẩn đoán là cần thiết nhằm đánh giá sự hội tụ của chuỗi Markov và xác định độ tin cậy của kết quả ước lượng. Trong nghiên cứu này, thống kê Gelman–Rubin (hệ số R<sub>c</sub>) được sử dụng để kiểm tra mức độ hội tụ, trong khi chỉ số efficiency được dùng để đánh giá chất lượng lấy mẫu. Kết quả cho thấy giá trị R<sub>c</sub> đều nhỏ hơn 1.1, đáp ứng tiêu chí hội tụ theo Levy (2020), đồng thời các chỉ số efficiency đều vượt ngưỡng yêu cầu, khẳng định tính ổn định của chuỗi.

Khác với các phương pháp kinh tế lượng truyền thống như OLS, FEM hay REM vốn dựa trên giá trị p-value để đánh giá ý nghĩa thống kê, phương pháp Bayesian sử dụng sai số chuẩn Monte Carlo (Monte Carlo Standard Error- (MCSE) nhằm đo lường độ chính xác của các ước lượng. MCSE phản ánh mức độ sai lệch giữa giá trị ước lượng từ chuỗi MCMC và giá trị thực của phân phối hậu nghiệm. Theo Flegal và cộng sự (2008), khi MCSE tiến gần về 0, độ tin cậy của ước lượng càng cao; ngưỡng chấp nhận thường là dưới 6,5% độ lệch chuẩn và mức tối ưu là dưới 5%. Kết quả thực nghiệm cho thấy tất cả các biến trong mô hình đều thỏa mãn các tiêu chí này. Nhìn chung, các chỉ số chẩn đoán MCMC, bao gồm tỷ lệ chấp nhận, efficiency, hệ số R<sub>c</sub> và MCSE, đều đạt yêu cầu, qua đó củng cố tính vững chắc và độ tin cậy của các kết quả ước lượng Bayesian trong nghiên cứu.

Bảng 4. Kết quả hồi quy Bayesian

| Biến phụ thuộc:<br>CCO2 | 8 quốc gia Đông Âu thuộc khối EU |               |        |
|-------------------------|----------------------------------|---------------|--------|
|                         | Trung bình                       | Độ lệch chuẩn | MCSE   |
| ETAX                    | -0.1353                          | 0.0208        | 0.0001 |
| RENC                    | -0.1237                          | 0.0139        | 0.0000 |
| IND                     | 0.0141                           | 0.0029        | 0.0000 |
| FDI                     | -0.0012                          | 0.0014        | 0.0000 |
| GNE                     | 0.0084                           | 0.0042        | 0.0000 |
| TRADE                   | -0.0065                          | 0.0015        | 0.0000 |

|                                |        |        |        |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| UR                             | 0.0026 | 0.0004 | 0.0000 |
| CONS                           | 1.8769 | 0.1488 | 0.0007 |
| Tỷ lệ chấp nhận                | 1.0000 |        |        |
| Hiệu quả nhỏ nhất              | 0.9409 |        |        |
| Gelman-Rubin (R <sub>c</sub> ) | 1.0000 |        |        |

(Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả)

Bảng 5. Kết quả xác suất hậu nghiệm

|                  | 8 quốc gia Đông Âu thuộc khối EU |               |        |
|------------------|----------------------------------|---------------|--------|
|                  | Trung bình                       | Độ lệch chuẩn | MCSE   |
| {CCO2:ETAX} < 0  | 1.0000                           | 0.0000        | 0.0000 |
| {CCO2:RENC} < 0  | 1.0000                           | 0.0000        | 0.0000 |
| {CCO2:IND} > 0   | 0.9999                           | 0.0007        | 0.0000 |
| {CCO2:FDI} < 0   | 0.8043                           | 0.3967        | 0.0022 |
| {CCO2:GNE} > 0   | 0.9772                           | 0.1491        | 0.0000 |
| {CCO2:TRADE} < ) | 0.9999                           | 0.0027        | 0.0000 |
| {CCO2:UR} > 0    | 1.0000                           | 0.0000        | 0.0000 |
| {CCO2:CONS} > 0  | 1.0000                           | 0.0000        | 0.0000 |

(Nguồn: Tính toán của nhóm tác giả)

Kết quả hồi quy Bayesian tại Bảng 4 và xác suất hậu nghiệm tại Bảng 5 cung cấp bằng chứng rõ ràng hơn về vai trò của thuế môi trường và tiêu thụ năng lượng tái tạo đối với phát thải carbon dựa trên tiêu dùng tại các quốc gia Đông Âu thuộc EU. Khác với cách tiếp cận tần suất truyền thống vốn dựa chủ yếu vào giá trị p-value, kết quả Bayesian cho phép đánh giá mức độ chắc chắn của chiều tác động thông qua phân phối hậu nghiệm của các hệ số. Cụ thể, hệ số trung bình hậu nghiệm của ETAX là -0.1353 và xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động âm đạt 100%, cho thấy mức độ tin cậy rất cao rằng thuế môi trường góp phần làm giảm CCO2. Tương tự, hệ số trung bình hậu nghiệm của RENC là -0.1237 với xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động âm đạt 100%, khẳng định vai trò của tiêu thụ năng lượng tái tạo trong việc giảm phát thải carbon dựa trên tiêu dùng. Các giá

trị MCSE rất nhỏ cũng cho thấy sai số mô phỏng thấp, qua đó củng cố tính ổn định của kết quả ước lượng.

Đối với ETAX, kết quả âm và xác suất hậu nghiệm gần như tuyệt đối cho thấy thuế môi trường là công cụ chính sách có hiệu quả trong việc điều chỉnh hành vi phát thải tại các quốc gia Đông Âu thuộc EU. Trong bối cảnh các nền kinh tế này vẫn còn chịu ảnh hưởng của mô hình tăng trưởng công nghiệp truyền thống và mức độ phụ thuộc nhất định vào năng lượng hóa thạch, thuế môi trường làm gia tăng chi phí tương đối của các hoạt động gây ô nhiễm, từ đó tạo động lực để doanh nghiệp cải thiện công nghệ, tiết kiệm năng lượng và chuyển dịch sang các quy trình sản xuất sạch hơn. Về phía tiêu dùng, thuế môi trường có thể làm thay đổi giá tương đối của hàng hóa và năng lượng gây phát thải cao, qua đó khuyến khích hành vi tiêu dùng tiết kiệm và thân thiện hơn với môi trường. Kết quả này phù hợp với Doğan và cộng sự (2022), khi cho rằng thuế môi trường góp phần làm giảm phát thải CO<sub>2</sub> tại các nền kinh tế G7, cũng như Samour và cộng sự (2024), khi chỉ ra tác động làm giảm CCO<sub>2</sub> của thuế môi trường tại các quốc gia châu Âu. Đồng thời, kết quả này cũng tương đồng với Fang và cộng sự (2022) và Ullah và cộng sự (2023), trong đó thuế môi trường được xem là công cụ tài khóa xanh quan trọng nhằm thúc đẩy chuyển đổi năng lượng và cải thiện bền vững môi trường.

Đối với RENC, hệ số âm và xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động âm đạt 100% cho thấy tiêu thụ năng lượng tái tạo có vai trò làm giảm CCO<sub>2</sub> tại nhóm quốc gia nghiên cứu. Cơ chế tác động của RENC có thể được giải thích thông qua hiệu ứng thay thế năng lượng. Khi tỷ trọng năng lượng tái tạo trong cơ cấu cung ứng năng lượng tăng lên, nhu cầu sử dụng than, dầu và khí đốt trong sản xuất và tiêu dùng có xu hướng giảm, từ đó làm giảm lượng phát thải gắn với hàng hóa và dịch vụ tiêu dùng cuối cùng. Đối với các quốc gia Đông Âu thuộc EU, kết quả này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng vì khu vực này vừa chịu áp lực thực hiện các mục tiêu khí hậu chung của EU, vừa phải đối mặt với thách thức chuyển đổi khỏi các ngành công nghiệp và hệ thống năng lượng có cường độ phát thải cao. Bên cạnh hiệu ứng thay thế trực tiếp, phát triển năng lượng tái tạo còn có thể thúc đẩy đổi mới công nghệ, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và tạo hiệu ứng lan tỏa xanh trong các ngành công nghiệp liên quan. Kết quả này phù hợp với Kirikkaleli và Adebayo (2021), Zhang và cộng sự (2024), Ulucak và cộng sự (2024) và Almulhim và cộng sự (2025), khi các nghiên cứu này đều nhấn mạnh vai trò của năng lượng tái tạo trong việc cải thiện chất lượng môi trường và giảm phát thải carbon dựa trên tiêu dùng.

Đối với các biến kiểm soát, kết quả cho thấy IND, GNE và UR có hệ số dương, với xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động dương lần lượt đạt 99,99%, 97,72% và 100%. Điều này phản ánh rằng quá trình mở rộng công nghiệp, gia tăng chi tiêu quốc gia và đô thị hóa vẫn tạo ra áp lực đáng kể lên môi trường tại các quốc gia Đông Âu thuộc EU. Về mặt cơ chế, tỷ trọng công nghiệp cao thường gắn với tiêu thụ năng lượng lớn, đặc biệt trong các ngành chế biến, sản xuất vật liệu, vận tải và xây dựng. Trong khi đó, đô thị hóa làm gia tăng nhu cầu năng lượng, nhà ở, giao thông và tiêu dùng hàng hóa, từ đó làm tăng phát thải carbon dựa trên tiêu dùng. Kết quả này cho thấy quá trình chuyển đổi xanh tại Đông Âu không chỉ phụ thuộc vào việc mở rộng năng lượng tái tạo, mà còn đòi hỏi cải thiện hiệu quả năng lượng

trong khu vực công nghiệp và quản trị quá trình đô thị hóa theo hướng bền vững.

Ngược lại, TRADE có hệ số âm (-0.0065) và xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động âm đạt 99,99%, cho thấy độ mở thương mại có thể góp phần làm giảm CCO<sub>2</sub> trong mẫu nghiên cứu. Kết quả này có thể được lý giải bởi việc hội nhập sâu hơn vào thị trường EU giúp các quốc gia Đông Âu tiếp cận công nghệ sạch, tiêu chuẩn môi trường cao hơn và các quy định xanh trong chuỗi cung ứng. Trong bối cảnh EU ngày càng siết chặt các tiêu chuẩn môi trường, thương mại không chỉ làm gia tăng trao đổi hàng hóa mà còn tạo áp lực cải thiện công nghệ và nâng cao hiệu quả sản xuất. Tuy nhiên, tác động của FDI tương đối yếu hơn khi hệ số trung bình hậu nghiệm là -0.0012 và xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động âm chỉ đạt 0.8043. Điều này cho thấy bằng chứng về vai trò làm giảm phát thải của FDI chưa thực sự mạnh so với ETAX, RENC và TRADE. Nguyên nhân có thể là dòng vốn FDI vào các nền kinh tế Đông Âu vừa bao gồm các dự án công nghệ sạch, vừa có thể tập trung vào các ngành sản xuất, lắp ráp hoặc công nghiệp có cường độ năng lượng cao. Do đó, tác động môi trường của FDI phụ thuộc đáng kể vào chất lượng dòng vốn, tiêu chuẩn công nghệ và mức độ thực thi chính sách môi trường tại từng quốc gia.

## 5. Kết luận và hàm ý chính sách

Nghiên cứu này phân tích tác động của tiêu thụ năng lượng tái tạo (RENC) và thuế môi trường (ETAX) đến phát thải carbon dựa trên tiêu dùng (CCO<sub>2</sub>) tại 8 quốc gia Đông Âu thuộc EU trong giai đoạn 1994–2022 bằng phương pháp hồi quy Bayesian. Kết quả thực nghiệm cho thấy ETAX và RENC đều có tác động âm đến CCO<sub>2</sub>, đồng thời xác suất hậu nghiệm theo chiều tác động kỳ vọng đạt mức rất cao. Điều này cho thấy, trong phạm vi mẫu nghiên cứu, thuế môi trường và tiêu thụ năng lượng tái tạo là hai yếu tố có liên hệ chặt chẽ với việc giảm phát thải carbon dựa trên tiêu dùng. Bên cạnh đó, kết quả cũng cho thấy IND, GNE và UR có tác động dương đến CCO<sub>2</sub>, phản ánh rằng tỷ trọng công nghiệp, chi tiêu quốc gia và đô thị hóa vẫn tạo ra áp lực đáng kể lên môi trường. Ngược lại, TRADE có tác động âm đến CCO<sub>2</sub>, trong khi FDI có tác động âm nhưng mức độ chắc chắn thấp hơn so với các biến chính của mô hình. Từ kết quả trên, hàm ý chính sách quan trọng đầu tiên là các quốc gia Đông Âu thuộc EU cần tiếp tục sử dụng thuế môi trường như một công cụ điều chỉnh hành vi phát thải. Do ETAX có tác động âm đến CCO<sub>2</sub>, việc duy trì và cải thiện thiết kế thuế môi trường có thể góp phần làm tăng chi phí tương đối của các hoạt động gây ô nhiễm, qua đó khuyến khích doanh nghiệp và người tiêu dùng chuyển sang các lựa chọn ít phát thải hơn. Tuy nhiên, chính sách thuế môi trường cần được triển khai theo hướng ổn định, có lộ trình và phù hợp với năng lực thích ứng của doanh nghiệp nhằm tránh tạo ra cú sốc chi phí quá lớn đối với các nền kinh tế vẫn còn phụ thuộc vào các ngành công nghiệp truyền thống.

Thứ hai, kết quả về RENC cho thấy mở rộng tiêu thụ năng lượng tái tạo là hướng chính sách cần được ưu tiên trong quá trình giảm phát thải carbon dựa trên tiêu dùng. Do đó, các quốc gia trong mẫu nghiên cứu cần tiếp tục nâng tỷ trọng năng lượng tái tạo trong cơ cấu năng lượng, đặc biệt trong các lĩnh vực sản xuất và tiêu dùng có mức sử dụng năng lượng lớn. Hàm ý này xuất phát trực tiếp từ kết quả hệ số âm của RENC, cho thấy năng lượng tái tạo có thể

đóng vai trò thay thế một phần các nguồn năng lượng hóa thạch, từ đó làm giảm áp lực phát thải gắn với tiêu dùng cuối cùng.

Thứ ba, kết quả của các biến kiểm soát cho thấy chính sách môi trường không nên chỉ tập trung vào thuế và năng lượng tái tạo mà cần chú ý đến đặc điểm phát triển kinh tế của khu vực. Tác động dương của IND và UR hàm ý rằng quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa tại các quốc gia Đông Âu thuộc EU vẫn đi kèm với áp lực phát thải. Vì vậy, các chính sách giảm CCO2 cần được gắn với cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng trong khu vực công nghiệp và quản lý tăng trưởng đô thị theo hướng tiết kiệm năng lượng hơn. Đồng thời, tác động âm của TRADE cho thấy độ mở thương mại có thể hỗ trợ giảm phát thải nếu đi kèm với việc tiếp cận tiêu chuẩn môi trường và công nghệ sạch hơn trong khuôn khổ thị trường EU. Tuy nhiên, do tác động của FDI tương đối yếu, nghiên cứu chưa đủ cơ sở để khẳng định mạnh mẽ vai trò của FDI trong giảm phát thải, mà chỉ gợi ý rằng chất lượng và định hướng của dòng vốn đầu tư có thể là vấn đề cần được xem xét sâu hơn trong các nghiên cứu tiếp theo.

Mặc dù nghiên cứu cung cấp thêm bằng chứng thực nghiệm về vai trò của ETAX và RENC đối với CCO2 tại các quốc gia Đông Âu thuộc EU, kết quả cần được diễn giải trong phạm vi mô hình và dữ liệu được sử dụng. Nghiên cứu chưa kiểm định trực tiếp các yếu tố như chất lượng thể chế, đổi mới công nghệ hay cơ chế phân bổ nguồn thu từ thuế môi trường. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng mô hình bằng cách bổ sung các biến này, đồng thời xem xét tác động khác biệt giữa các quốc gia hoặc giữa các giai đoạn chính sách môi trường khác nhau.

## **6. Tài Liệu Tham Khảo**

[1] Almulhim, A. A., Inuwa, N., Chaouachi, M., & Samour, A. (2025). Testing the impact of renewable energy and institutional quality on consumption-based CO<sub>2</sub> emissions: Fresh insights from MMQR approach. *Sustainability*, 17(2), 704. <https://doi.org/10.3390/su17020704>

[2] Ali, K., Hongbing, H., Liew, C. Y., & Jianguo, D. (2023). Governance perspective and the effect of economic policy uncertainty on financial stability: Evidence from developed and developing economies. *Economic Change and Restructuring*, 56(3), 1971–2002. <https://doi.org/10.1007/s10644-023-09497-6>

[3] Ali, K., Jianguo, D., & Kirikkaleli, D. (2023). How do energy resources and financial development cause environmental sustainability? *Energy Reports*, 9, 4036–4048. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.03.040>

[4] Amin, A., Dogan, E., & Khan, Z. (2020). The impacts of different proxies for financialization on carbon emissions in top-ten emitter countries. *Science of the Total Environment*, 740, 140127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140127>

[5] Athari, S. A., Agyemang, E. T., & Kirikkaleli, D. (2025). Asymmetric effects of environmental taxes, growth, and renewable energy on consumption-based CO<sub>2</sub> emissions in Italy. *Environmental and Sustainability Indicators*, 101086. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.101086>

[6] Baloch, M. A., & Danish. (2022). The nexus between renewable energy, income inequality, and consumption-based CO<sub>2</sub> emissions: An empirical investigation. *Sustainable Development*, 30(5), 1268–1277. <https://doi.org/10.1002/sd.2315>

[7] Doğan, B., Chu, L. K., Ghosh, S., Truong, H. H. D., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). How environmental taxes and carbon emissions are related in the G7 economies? *Renewable Energy*, 187, 645–656. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.077>

[8] Emenekwe, C. C., Onyeneke, R. U., Nwajiuba, C. U., Anugwa, I. Q., & Emenekwe, O. U. (2025). Determinants of consumption-based and production-based carbon emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 27(5), 10303–10339. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04311-9>

[9] Fang, G., Yang, K., Tian, L., & Ma, Y. (2022). Can environmental tax promote renewable energy consumption? *Energy*, 260, 125193. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125193>

[10] Flegal, J. M., Haran, M., & Jones, G. L. (2008). Markov chain Monte Carlo: Can we trust the third significant figure? *Statistical Science*, 23(2), 250–260. <https://doi.org/10.1214/08-STS257>

[11] Gelman, A. (2004). Parameterization and Bayesian modeling. *Journal of the American Statistical Association*, 99(466), 537–545. <https://doi.org/10.1198/016214504000000458>

[12] Gelman, A., & Hill, J. (2006). *Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*. Cambridge University Press.

[13] Ghazouani, A., Xia, W., Ben Jebli, M., & Shahzad, U. (2020). Exploring the role of carbon taxation policies on CO<sub>2</sub> emissions. *Sustainability*, 12(20), 8680. <https://doi.org/10.3390/su12208680>

[14] Jeon, H. (2022). CO<sub>2</sub> emissions, renewable energy and economic growth in the US. *The Electricity Journal*, 35(7), 107170. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2022.107170>

[15] Jianguo, D., Ali, K., Alnori, F., & Ullah, S. (2022). Financial development and environmental quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 58179–58200. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19763-1>

[16] Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0162-0>

[17] Kirikkaleli, D., & Adebayo, T. S. (2021). Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? *Sustainable Development*, 29(4), 583–594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>

[18] Kruschke, J. K. (2015). *Doing Bayesian data analysis* (2nd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-00207-9>

[19] Le Quoc, D., Nguyen Quoc, H., & Nguyen Van, H. (2025). Evaluating the influence of digital financial inclusion on financial crises and economic cycles. *Journal*

- of Financial Regulation and Compliance, 33(2), 280–301. <https://doi.org/10.1108/JFRC-10-2024-0206>
- [20] Levy, R. (2020). Digital Module 11: Bayesian psychometric modeling. *Educational Measurement: Issues & Practice*, 39(1).
- [21] Levy, R., & Mislevy, R. J. (2017). *Bayesian psychometric modeling*. Chapman and Hall/CRC.
- [22] Luo, R., Ullah, S., & Ali, K. (2021). Pathway towards sustainability in selected Asian countries. *Sustainability*, 13(22), 12873. <https://doi.org/10.3390/su132212873>
- [23] McElreath, R. (2020). *Statistical rethinking* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429029608>
- [24] Mehboob, M. Y., Ma, B., Sadiq, M., & Zhang, Y. (2024). Does nuclear energy reduce consumption-based carbon emissions. *Nuclear Engineering and Technology*, 56(1), 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.09.022>
- [25] Mukhtarov, S., Aliyev, F., Aliyev, J., & Ajayi, R. (2022). Renewable energy consumption and carbon emissions. *Sustainability*, 15(1), 134.
- [26] Nguyen The, B., Oanh, T. T. K., Le, Q. D., & Nguyen, T. H. H. (2025). Nonlinear impact of financial inclusion on tax revenue. *Journal of Economic Studies*, 52(2), 393–411. <https://doi.org/10.1108/JES-01-2024-0010>
- [27] Ozkan, O., Usman, O., & Saint Akadiri, S. (2025). An asymmetric role of economic complexity. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.138269>
- [28] Quoc, H. N., Nguyen, V. H., & Quoc, D. L. (2025). Exploring the determinants of renewable energy consumption. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(5), 103–113.
- [29] Samour, A., Musah, M., Mati, S., & Amri, F. (2024). Testing the impact of environmental taxation. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(24), 34896–34909. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33481-w>
- [30] Taghizadeh-Hesary, F., Yoshino, N., & Otsuka, M. (2021). Role of international remittances. In *Sustainability and environmental decision making* (pp. 441–466). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9287-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9287-4_7)
- [31] Udemba, E. N., & Tosun, M. (2022). Energy transition and diversification. *Energy*, 239, 122199. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122199>
- [32] Ullah, S., Luo, R., Adebayo, T. S., & Kartal, M. T. (2023). Dynamics between environmental taxes and ecological sustainability. *Sustainable Development*, 31(2), 825–839. <https://doi.org/10.1002/sd.2423>
- [33] Ulucak, R., Danish, Zhang, Y., Chen, R., & Qiu, Y. (2024). Income inequality and renewable energy impacts. *Evaluation Review*, 48(1), 119–142. <https://doi.org/10.1177/0193841X231173766>
- [34] Van, H. N., Quoc, H. N., & Le Quoc, D. (2025). Towards sustainable development. *Journal of Public Affairs*, 25(3), e70073.
- [35] Xin, N., & Xie, Z. (2023). Financial inclusion and trade-adjusted carbon emissions. *Sustainable Development*, 31(1), 78–90. <https://doi.org/10.1002/sd.2375>
- [36] Zhang, M., Ali, S., Zhou, Y., Nassani, A. A., & Usmanovich, B. A. (2024). Toward sustainable consumption. *Sustainable Development*, 32(6), 5987–5998. <https://doi.org/10.1002/sd.3002>